

А. Ю. Постыляков*, Ю. В. Инатович

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

*a.i.postyliakov@urfu.ru

Научный руководитель — проф., д-р техн. наук Ю. Н. Логинов

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ОВАЛЬНОЙ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ПРОКАТКИ МЕДНОЙ КАТАНКИ

Разработана новая форма овальной заготовки для прокатки медной катанки. С помощью метода конечных элементов выполнено математическое моделирование процесса прокатки при варьировании ее геометрических параметров. Выявлен вариант, обеспечивающий минимум усилия прокатки в последующем круглом калибре.

Ключевые слова: медная катанка, калибровка валков, сортовая прокатка, усилие прокатки, метод конечных элементов.

A. Yu. Postilyakov, Yu. V. Inatovich

FORM OPTIMIZATION OF THE OVAL WORKPIECE FOR COPPER WIRE ROLLING

A new form of oval workpiece for rolling copper wire rod is developed. The mathematical modeling of rolling process with workpiece geometric parameters variation is performed by the means of finite element method. The set providing the minimum rolling force in subsequent round roll pass is identified.

Key words: copper wire rod, roll pass design, shape rolling, rolling force, finite element method.

Медная катанка как заготовка для последующего волочения и изготовления проволоки и кабельной продукции в настоящее время производится по двум базовым технологическим схемам. Первая схема основана на методе вытягивания заготовки круглого сечения из расплава. Ее недостатком является получение полуфабриката с неоднородной структурой и повышенной анизотропией свойств [1]. Вторая схема основана на применении процесса отливки заготовки и ее последующей сортовой прокатки. Последнее усовершенствование этой схемы связано с применением агрегатов непрерывной разливки и про-

катки, что позволяет как увеличить производительность, так и уменьшить затраты энергии на производство [2, 3].

Качество получаемой катанки во многом зависит от адекватных технических решений, применяемых на стадии предчистовой и чистой прокатки. Окончательной формой поперечного сечения является круг, а предшествующая форма представляет собой овал. Для создания однородного деформированного состояния приходится анализировать распределение деформаций [4–7], но в некоторых случаях более целесообразно выбирать такую форму заготовки, которая обеспечивает минимум энергетических затрат.

На рис. 1 представлена предлагаемая форма заготовки, получаемой в предчистовом овальном калибре.

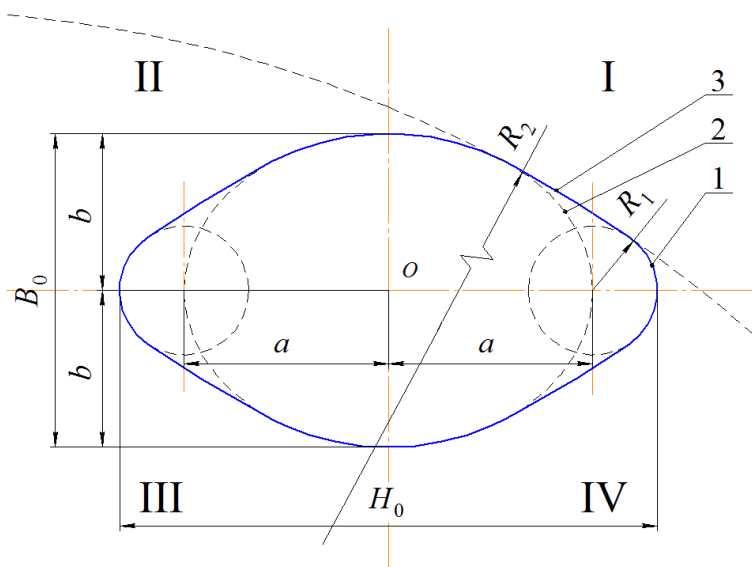


Рис. 1. Профиль поперечного сечения измененной овальной заготовки

Здесь использованы обозначения геометрических параметров, применяемых в описаниях калибровок. Особая роль среди геометрических параметров заготовки отведена радиусу кривизны R_1 , формирующему периферийную зону, а также радиусу R_2 , формирующему степень кривизны линии, соединяющей центральную и периферийную части. Целью работы было установление отношения между указанными радиусами и радиусом круглого профиля R_k , при которых усилие и момент при прокатке в следующем круглом калибре оказываются минимальными.

По условиям вычислительного эксперимента фиксировали исходную высоту H_0 и площадь поперечного сечения измененной заготовки.

В качестве варьируемых параметров принимали величины радиусов R_1 (диапазон изменения 1,00–2,25 мм с шагом 0,25 мм) и R_2 (диапазон изменения 10–30 мм с шагом 5 мм). Ширину измененной заготовки B_0 для каждой совокупности определяющих параметров рассчитывали, исходя из условия постоянства коэффициента вытяжки.

Определение энергосиловых параметров при использовании заготовки измененной формы в круглом калибре осуществляли с использованием конечно-элементного моделирования процесса в соответствии с условиями, подробно изложенными в работе [8].

В табл. 1 и 2 приведены параметры геометрии заготовки и соответствующие им расчетные значения усилия прокатки. Стоит отметить, что величина усилия для обычного однорадиусного овала составляет 25 кН.

Таблица 1

Влияние параметра R_1/R_k на усилие прокатки

R_1/R_k	Усилие прокатки, кН при значениях R_2/R_k		Примечание
	6,25	7,50	
0	—	—	Острая кромка без радиуса закругления — запредельное значение параметра
0,25	18,3	18,40	Усилие мало отличается от минимального
0,3125	18,0	17,82	Минимальное усилие прокатки
0,375	18,68	18,46	Усилие мало отличается от минимального
0,4375	20,06	19,72	Значимое повышение усилия прокатки — запредельное значение параметра
0,5	21,3	21,28	Значимое повышение усилия прокатки — запредельное значение параметра
0,5625	23,28	23,26	Значимое повышение усилия прокатки — запредельное значение параметра

Таблица 2

Влияние параметра R_2/R_k на усилие прокатки при $R_1/R_k = 0,25$

R_2/R_k	Усилие про- катки, кН	Примечание
2,50	18,84	Усилие значительно выше минимального — запредельное значение параметра
3,75	18,52	Усилие выше минимального — запредельное значение параметра
5,00	18,02	Минимальное усилие прокатки
6,25	18,30	Усилие мало отличается от минимального
7,50	18,40	Значимое повышение усилия прокатки — запредельное значение параметра

Как видно из данных табл. 1 и 2, минимум усилия достигается при $R_1 = (0,250-0,375)R_k$ и $R_2 = (5,00-6,25)R_k$. В то же время отступление от этих оптимальных интервалов как в большую, так и в меньшую сторону приводит к повышению усилия прокатки.

Таким образом, при применении заготовки с указанным соотношением размеров усилие прокатки может быть снижено на 30 % относительно однорадиусного овала. Поскольку коэффициент плеча момента изменяется в небольшом диапазоне, снижение момента и в целом энергетических затрат будет соответствовать снижению усилия.

На разработанную форму заготовки получен патент RU 170655 [9].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Анизотропные свойства непрерывнолитой медной катанки электротехнического назначения / Ю. Н. Логинов [и др.] // Цветные металлы. 2002. № 4. С. 73–77.
- 2 Белый Д. И. Современные технологии производства медной катанки для кабельной промышленности // Кабели и провода. 2011. № 5. С. 29–33.
- 3 Постыляков А. Ю., Логинов Ю. Н. Особенности процессов производства медной катанки // Инновационные технологии в металлургии и машиностроении. Труды международной молодежной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАН, почетного доктора УрФУ В. Л. Колмогорова. Екатеринбург : УрФУ, 2014. С. 320–324.
- 4 Логинов Ю. Н., Зуев А. Ю., Инатович Ю. В. Анализ сортовой прокатки кислородосодержащей меди с учетом немонотонности характеристик упрочнения // Цветные металлы. 2012. № 7. С. 77–81.
- 5 Логинов Ю. Н., Постыляков А. Ю. Анализ напряженно-деформированного состояния в черновых проходах непрерывной прокатки электротехнической меди // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Металлургия, 2016. Т. 16. № 2. С. 68–73.
- 6 Кинзин Д. И. Постановка и решение задачи оптимизации формы вытяжных калибров // Сталь. 2014. № 2. С. 34–38.
- 7 Инатович Ю. В., Логинов Ю. Н., Постыляков А. Ю. Адаптация алгоритма расчета формоизменения металла при прокатке медной катанки // Производство проката. 2014. № 5. С. 16–21.
- 8 Логинов Ю. Н., Постыляков А. Ю. Анализ деформаций медной катанки при чистовом проходе горячей прокатки // Кабели и провода. 2015. № 3 (352). С. 19–22.
- 9 Логинов Ю. Н., Постыляков А. Ю., Инатович Ю. В. Заготовка для прокатки круглого сортового : пат. 170655 Рос. Федерация: МПК В21В 1/16. Заявитель и патентообладатель Уральский федеральный университет. № 2016108073 ; заявл. 04.03.2016 ; опубл. 03.05.2017. Бюл. № 13. 12 с.